



گزینه ۲

۱

نیروی محرکه القایی شاخه صعودی و شاخه نزولی نمودار را جداگانه محاسبه و مقایسه می‌کنیم:
فرض می‌کنیم حداکثر شار در نمودار برابر با Φ_m باشد:

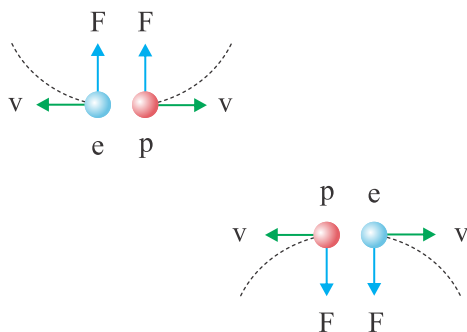
$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_1 = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} &= -N \times \frac{\Phi_m - 0}{t_1} = -N \frac{\Phi_m}{t_1} \\ \varepsilon_2 = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} &= -N \frac{0 - \Phi_m}{7t_1 - 3t_1} = N \frac{\Phi_m}{4t_1} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \varepsilon_2 = -\frac{1}{4} \varepsilon_1 \Rightarrow \varepsilon_1 = -4\varepsilon_2$$

گزینه ۲

۲

نکته: بار الکتریکی در جهت نیروی وارده منحرف می‌شود و حرکتش نمی‌تواند روی خط راست باشد و گزینه "۱" و "۴" حذف می‌شوند.

فرض کنید پروتون به سمت راست و الکترون به سمت چپ برود. با قاعده دست راست جهت نیروی وارده از طرف میدان درون‌سو را به دست می‌آوریم:



و اگر جای بارها عوض شوند، داریم:

پس گزینه "۲" می‌تواند صحیح باشد.

گزینه ۴

۳

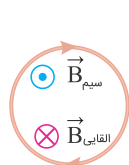
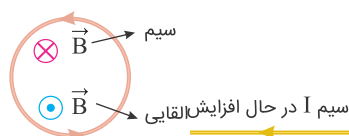
میدان ناشی از حلقه در مرکز حلقه درون‌سو است؛ پس به بار الکتریکی نیرویی وارد نمی‌شود چراکه زاویه بین میدان و سرعت ذره برابر با صفر است.

$$F = qvB \sin 0 = 0$$

شکل (۱): جریان در سیم (۱) در حال افزایش است، پس میدان مغناطیسی ناشی از آن ($\vec{B}_{\text{سیم}}$) هم در داخل سیمپیچ افزایش می‌یابد و به تبع آن طبق رابطه $\Phi = BA \cos \theta$ ، با افزایش B ، Φ هم در داخل سیمپیچ زیاد می‌شود. حتماً می‌دانید که بر اساس قانون لنز جهت جریان القایی به نحوی است که آثار مغناطیسی ناشی از آن با تغییر شار مغناطیسی مخالفت کند. پس جریان القایی طوری ایجاد می‌شود تا میدان مغناطیسی ناشی از آن در سیمپیچ ($B_{\text{القایی}}$)، میدان درون سیم حاصل از سیم ($\vec{B}_{\text{سیم}}$) را تضعیف کند. در نتیجه القایی B باید خلاف جهت $\vec{B}_{\text{سیم}}$ و در نتیجه برون سو شود. به عبارت دیگر جهت جریان القایی باید پادساعتگرد باشد. پس جهت جریان در این شکل نادرست است.

سیم I در حال افزایش

شکل (۲): در شکل (۲) همانند شکل (۱) عمل می‌کند و تنها تفاوت این شکل جهت جریان I می‌باشد، پس داریم:

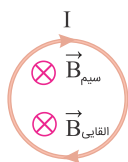


ایجاد القایی $\vec{B}$ در خلاف جهت $\vec{B}_{\text{سیم}}$ $\xrightarrow{\text{قانون لنز}} \uparrow \Phi_{\text{سیم}} \Rightarrow \uparrow B_{\text{سیم}} \Rightarrow \uparrow I_{\text{سیم}}$
جهت جریان القایی ساعتگرد $\xrightarrow{\text{قانون دست راست}}$

پس این شکل هم نادرست است.

شکل (۳):

سیم I در حال کاهش



$\downarrow I_{\text{سیم}} \Rightarrow \downarrow B_{\text{سیم}} (\text{درون سو}) \Rightarrow \downarrow \Phi_{\text{سیم}}$

مخالفت جریان القایی با تغییر Φ $\xrightarrow{\text{قانون لنز}}$

$\Rightarrow$ ایجاد القایی $\vec{B}$ درون سو $\Rightarrow$ تقویت $\vec{B}_{\text{سیم}}$ درون سو

ایجاد جریان القایی در جهت ساعتگرد $\xrightarrow{\text{قانون دست راست}}$

پس جهت جریان القایی فقط در شکل (۳) درست است.

چون سطح حلقه در هر حالت بر محور x عمود است، پس فقط مؤلفه افقی میدان مغناطیسی (B_x) باعث تغییر شار می‌شود.

$$\begin{cases} \Phi_1 = AB_x = 4 \times 10^{-2} \times 3 = 12 \times 10^{-2} \text{ Wb} \\ \Phi_2 = -\Phi_1 = -12 \times 10^{-2} \text{ Wb} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \Delta\Phi = -24 \times 10^{-2} \text{ Wb}$$

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -500 \times \frac{-24 \times 10^{-2}}{400 \times 10^{-3}} = \frac{120}{4 \times 10^{-1}} = 300 \text{ (V)}$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{300}{20} = 15 \text{ (A)}$$

میدان ناشی از سیملوله از رابطه $B = \mu_0 \frac{N}{L} I$ به دست می‌آید. با تقسیم سیملوله به قسمت‌های مساوی (مثلاً چهار قسمت) هم N و هم L (تعداد حلقه‌ها و طول سیملوله) هر دو $\frac{1}{4}$ شده پس میدان تغییر نمی‌کند ولی با چهار برابر شدن جریان، میدان نیز چهار برابر خواهد شد.

طبق قانون دوم نیوتون، شتاب از رابطه $a = \frac{F}{m}$ به دست می‌آید و نیروی وارد بر بار نیز از رابطه $F = qvB \sin \alpha$ پس داریم:

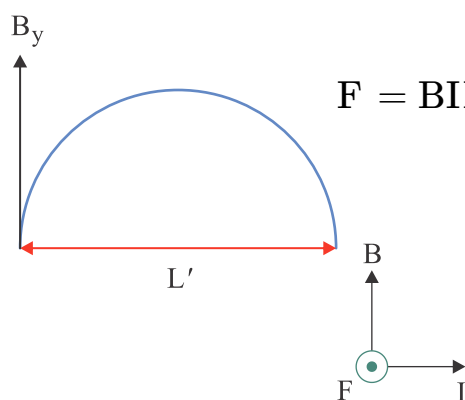
$$\frac{a_2}{a_1} = \frac{\frac{F_2}{m_2}}{\frac{F_1}{m_1}} = \frac{\frac{q_2 v_2 B_2 \sin \alpha_2}{m_2}}{\frac{q_1 v_1 B_1 \sin \alpha_1}{m_1}} \Rightarrow \frac{a_2}{a_1} = \frac{\frac{\frac{q_2}{2} \times \frac{v_2}{2} \times \frac{B_2}{2}}{\frac{m_2}{2}}}{\frac{q_1 v_1 B_1}{m_1}} = \frac{1}{4}$$

$$\begin{cases} \Phi = \Phi_B \cos(\omega t) \\ I = I_m \sin(\omega t) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{\Phi}{\Phi_m} = \cos(\omega t) \\ \frac{I}{I_m} = \sin(\omega t) \end{cases}$$

$$\Phi = \frac{\sqrt{3}}{2} \Phi_m \Rightarrow \cos(\omega t) = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \sin(\omega t) = \frac{1}{2}$$

$$I = I_m \sin(\omega t) \Rightarrow \frac{I}{I_m} = \frac{1}{2} = 0.5 = 50\%$$

در سیم‌های غیرمستقیم، طبق رابطه $F = BIL' \sin \alpha$ در میدان مغناطیسی B به سیم حامل جریان I نیروی F وارد می‌شود که L' طول تصویر سیم عمود بر خطوط میدان است. (در شکل L')



$$F = BIL' \sin 90 \Rightarrow F = 40 \times 50 \times 0.2 \times 1 = 400 \text{ N}$$

ضمناً با قاعده دست راست جهت نیرو به سمت بیرون به دست خواهد آمد.

گام اول: با استفاده از قاعده دست راست جهت میدان مغناطیسی حاصل از سیم (۱) در نقطه A درون سو تعیین می‌شود؛ بنابراین برای صفر شدن میدان مغناطیسی خالص در این نقطه، جهت میدان حاصل از سیم (۲) باید برون سو و بنابراین جهت جریان در سیم (۲) به سمت چپ ($\leftarrow$) باشد.

گام دوم: اندازه میدان حاصل از سیم‌ها در نقطه A برابر است. باتوجه به اینکه فاصله نقطه A از سیم (۲) کمتر از فاصله آن از سیم (۱) است، مقدار جریان عبوری از سیم (۱) باید بیشتر از مقدار جریان عبوری از سیم (۲) باشد؛ یعنی:

$$I_1 > I_2$$

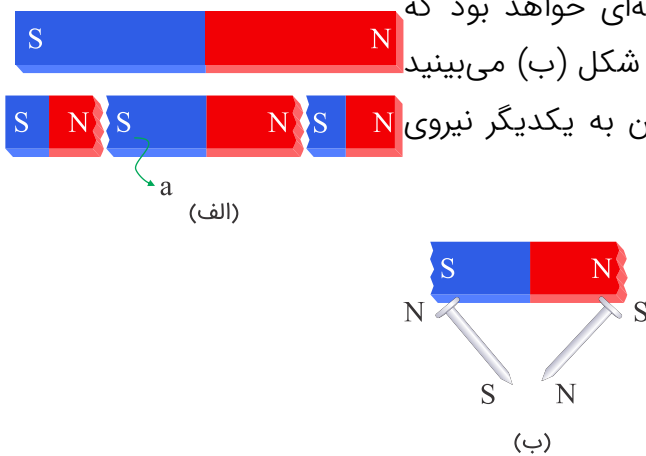
گام سوم: در نقطه B ، جهت میدان مغناطیسی حاصل از سیم‌های (۱) و (۲) به ترتیب برون سو و درون سو است. از طرفی هم جریان عبوری از سیم (۱) بیشتر و هم فاصله آن از نقطه B کمتر است؛ بنابراین در این نقطه $B_{1(B)} > B_{2(B)}$ و جهت میدان مغناطیسی برآیند در این نقطه هم جهت با $\vec{B}_{1(B)}$ یعنی برون سو ($\odot$) خواهد بود.

طبق رابطه $B = \frac{\mu_0 NI}{\ell}$ که میدان مغناطیسی در مرکز سیملوله را می‌دهد، داریم:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{\ell} = \frac{12 \times 10^{-7} \times 1000 \times 0/2}{\frac{1}{2}} = 4/8 \times 10^{-4} \text{ T} = 4/8 \text{ G}$$

گام اول: پس از برش آهنربا هریک از قطعات جدا شده از آن، خود یک آهنربای مجزا با دو قطب S و N است. قطب‌های این قطعات به گونه‌ای خواهد بود که قطعات یکدیگر را جذب کنند. بنابراین باتوجه به شکل (الف) در محل a قطب S خواهیم داشت.

گام دوم: قطب‌های القاشده در هریک از میخ‌ها نیز به گونه‌ای خواهد بود که میخ‌ها جذب قطعه آهنربا شوند بنابراین مطابق با آنچه در شکل (ب) می‌بینید در انتهای میخ‌ها قطب‌های ناهمنام تشکیل شده و بنابراین به یکدیگر نیروی ربایشی وارد می‌کنند.



طبق قاعده دست راست گزینه ۱ درست است.

ابتدا از روی نمودار دوره تناوب و جریان حداکثر را یافته و سپس معادله جریان- زمان را می‌نویسیم:

$$\frac{3T}{2} = 0.6 \Rightarrow T = 0.4 \text{ s} \Rightarrow I_{\max} = 100 \text{ mA} = 0.1 \text{ A}$$

$$\Rightarrow I = I_m \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right) \Rightarrow I = 0.1 \sin\left(\frac{2\pi}{0.4}t\right) \Rightarrow I = 0.1 \sin(5\pi t)$$

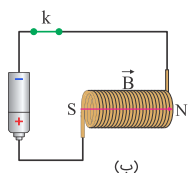
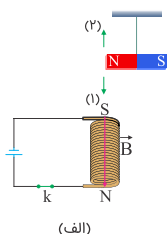
در گام بعدی زمان داده شده را در معادله جریان- زمان قرار می‌دهیم:

$$T = \frac{1}{30} \text{ s} \Rightarrow I = 0.1 \sin\left(5\pi \times \frac{1}{30}\right) = 0.1 \sin\left(\frac{\pi}{6}\right) = 0.1 \times \frac{1}{2} = 0.05 \text{ A}$$

در نهایت با قانون اهم اختلاف پتانسیل دو سر سارنا را محاسبه می‌کنیم:

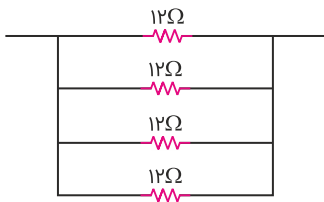
$$I = \frac{V}{R} \Rightarrow 0.05 = \frac{V}{20} \Rightarrow V = 1.0 \text{ V}$$

مطابق شکل زیر با استفاده از قاعده دست راست، جهت میدان مغناطیسی در هرکدام سیم‌لوله‌ها و سپس قطب‌ها ی سیم‌لوله را تعیین می‌کنیم.



باتوجه به قطب‌ها ی سیم‌لوله، در شکل (الف) سیم‌لوله آهنربا را جذب و بنابراین در جهت (۱) منحرف می‌شود. همچنین در شکل (ب) سیم‌لوله آهنربا را دفع می‌کند و بنابراین در جهت (۲) منحرف می‌شود.

هر چهار مقاومت با هم موازی هستند.



$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{12} + \frac{1}{12} + \frac{1}{12} + \frac{1}{12} = \frac{4}{12} = \frac{1}{3} \Rightarrow R_{eq} = 3 \Omega$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} = \frac{1}{3 + 1} = 0.25 A$$

براساس قانون گر در نقطه A، چون جریان عبوری از هر مقاومت $0.25 A$ است جریان عبوری از القاگر $1 A$ است.

$$u = \frac{1}{2} L I^2 = \frac{1}{2} \times 0.5 \times 1 = 0.25 J$$

باتوجه به رابطه $\varepsilon = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ اگر ε مثبت و مقدار ثابتی داشته باشد، $\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ مقدار ثابت و منفی است. بنابراین در بازه 0 تا t_1 شیب نمودار $\Phi - t$ یعنی $(\frac{\Delta \Phi}{\Delta t})$ منفی بوده و در بازه t_1 تا t_2 شیب نمودار $\Phi - t$ مثبت است، بنابراین سه نمودار کشیده شده درست است.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{مساحت دایره} = \pi \left(\frac{a}{2}\right)^2 = \frac{\pi}{4} a^2 \\ \text{محیط دایره} = 2\pi \left(\frac{a}{2}\right) = 2 \times \pi \times \frac{a}{2} = \pi a \end{array} \right. , \left\{ \begin{array}{l} \text{مساحت مربع} = a^2 \\ \text{محیط مربع} = 4a \end{array} \right.$$

مقاومت سیم‌ها با طول آن‌ها متناسب است پس داریم:

$$\frac{R_{\text{دایره}}}{R_{\text{مربع}}} = \frac{\text{محیط دایره}}{\text{محیط مربع}} = \frac{\pi a}{4a} = \frac{\pi}{4}$$

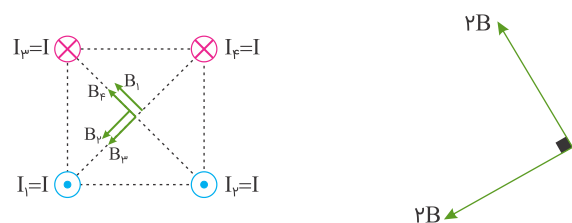
اندازهٔ جریان عبوری القایی برابر است با:

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{\frac{N \Delta \Phi}{\Delta t}}{R} = \frac{N \times \Delta B \times A}{R \Delta t}$$

$$\Rightarrow \frac{I_{\text{دایره}}}{I_{\text{مربع}}} = \frac{A_{\text{دایره}}}{A_{\text{مربع}}} \times \frac{R_{\text{مربع}}}{R_{\text{دایره}}} = \frac{\frac{\pi}{4} a^2}{a^2} \times \frac{4}{\pi} = 1$$

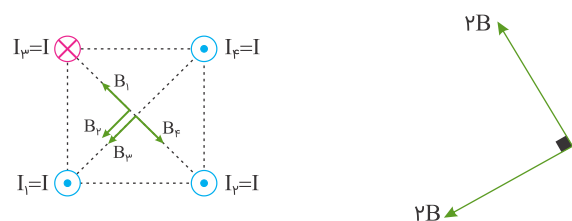
اگر میدان مغناطیسی ناشی از هر سیم در مرکز مربع را B فرض کنیم، میدان مغناطیسی در هر گزینه به صورت زیر است:

گزینه "۱"



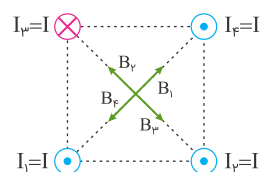
$$\Rightarrow B_{T_1} = 2\sqrt{2}B$$

گزینه "۲"

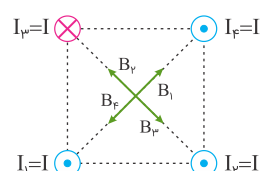


$$\Rightarrow B_{T_2} = 2B$$

گزینه "۳":

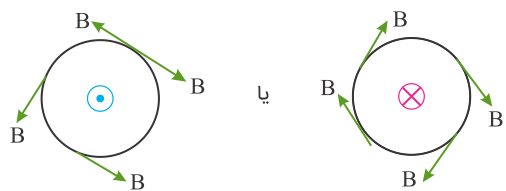


گزینه "۴":



$$\Rightarrow B_{T_3} = B_{T_4} = 0$$

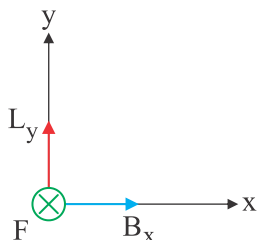
دقت کنید جهت میدان مغناطیسی ناشی از سیم راست، در هر نقطه به کمک قاعده دست راست به دست می‌آید.



گام اول: می‌دانیم که مؤلفه B_x میدان به مؤلفه ℓ_x سیم نیرویی وارد نمی‌کند و نیروی وارده از طرف مؤلفه B_x میدان بر مؤلفه ℓ_y سیم به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\vec{j} \perp \vec{i} \Rightarrow \theta = 90^\circ \Rightarrow F = I \ell_y B_x = 3 \times 4 \times 1/3 = 15/6 \text{ N}$$

مطابق شکل زیر جهت این نیرو را با استفاده از قاعده دست راست تعیین می‌کنیم:

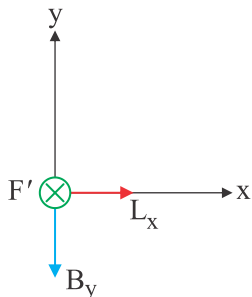


جهت نیروی $\vec{F}$ درون سو است.

گام دوم: نیروی وارده از طرف مؤلفه B_y میدان بر مؤلفه ℓ_x سیم به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\vec{i} \perp \vec{j} \Rightarrow \theta = 90^\circ \Rightarrow F' = I \ell_x B_y = 3 \times 3 \times 2/1 = 18/9 \text{ N}$$

جهت نیروی $\vec{F}'$ را با استفاده از قاعده دست راست تعیین می‌کنیم:

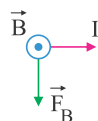
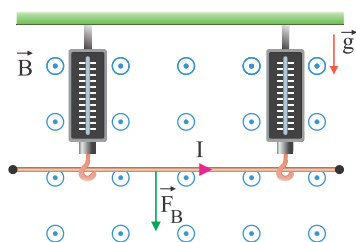


جهت نیروی $\vec{F}'$ هم درون سو است.

گام سوم: $\vec{F}$ و $\vec{F}'$ درون سو هستند؛ بنابراین نیروی وارد بر سیم هم درون سو خواهد بود و اندازه آن برابر است با:

$$F = F + F' = 15/6 + 18/9 = 34/5 \text{ N}$$

گام اول: جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم از طرف میدان مغناطیسی را با استفاده از قاعده دست راست تعیین می‌کنیم:



جهت نیروی مغناطیسی به سمت پایین است، بنابراین به سیم دویروی وزن و مغناطیسی به سمت پایین وارد می‌شود. دویرو سنج مجموع اندازه این دو نیرو را نشان می‌دهند.

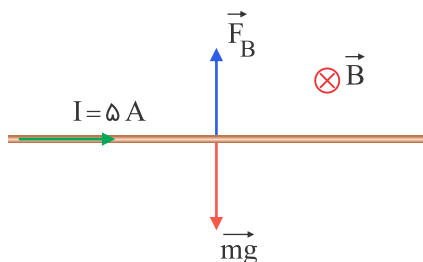
$$F_B + mg = I\ell B \sin \theta + mg$$

$$= 3 \times 1 \times 1/5 \times \sin 90^\circ + 50 \times 10^{-3} \times 10 = 4/5 + 0/5 = 5 \text{ N}$$

هر نیرو سنج نصف این مقدار را نشان می‌دهد:

$$\text{عددی که هر نیرو سنج نشان می‌دهد} = \frac{F_B + mg}{2} = \frac{5}{2} = 2/5 \text{ N}$$

اگر نیروی مغناطیسی وارد بر سیم با وزن سیم هم‌جهت باشد، اندازه برآیند آن‌ها بزرگ‌تر از وزن سیم خواهد بود؛ بنابراین نیروی مغناطیسی وارد بر سیم در خلاف جهت وزن سیم یعنی به‌سوی بالا است. باتوجه به شکل زیر می‌توان نوشت:



$$F_T = mg \Rightarrow F_B - mg = mg \Rightarrow F_B = 2mg$$

$$I\ell B \sin \theta = 2mg \Rightarrow 5 \times \ell \times 2 \times \underbrace{\sin 90^\circ}_1 = 2 \times m \times 10 \Rightarrow \frac{\ell}{m} = \frac{20}{10} = 2 \text{ m/kg}$$

ضریب القاوری (L) به عواملی چون تعداد دور، طول و سطح مقطع القاگر و جنس هسته داخل آن بستگی دارد ولی مستقل از جریان گذرنده از القاگر یا سرعت تغییرات جریان است.

گام اول: باتوجه به نسبت نیروهای وارد بر دو بار تندی آنها را به دست می‌آوریم:

$$F_2 = \lambda F_1 \Rightarrow q_2 \times v_2 \times B \times \sin 90 = \lambda \times q_1 \times v_1 \times B \times \sin 90$$

$$\Rightarrow 2q_1 \times v_2 = \lambda q_1 \times v_1 \Rightarrow v_2 = \frac{\lambda}{2} v_1$$

گام دوم: باتوجه به رابطه انرژی جنبشی داریم:

$$K_2 = K_1 \Rightarrow \frac{1}{2} m_1 v_1^2 = \frac{1}{2} m_2 v_2^2 \Rightarrow m_1 (v_1)^2 = m_2 (\frac{\lambda}{2} v_1)^2 \Rightarrow \frac{m_1}{m_2} = 16$$

تحلیل سایر گزینه‌ها:

گزینه "۱": مواد فرومغناطیس حوزه‌های مغناطیسی دارند.

گزینه "۲": مواد پارامغناطیس در حضور میدان مغناطیسی قوی، خاصیت مغناطیسی ضعیف و موقت پیدا می‌کنند.

گزینه "۳": فولاد جزء مواد فرومغناطیس سخت است.

طبق قانون القای الکترومغناطیسی فارادی، نیرو محرکه القایی از رابطه $\varepsilon = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ محاسبه می‌شود، درنتیجه می‌توان نوشت:

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{-N}{R} \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \xrightarrow{I = \frac{\Delta q}{\Delta t}} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{-N}{R} \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \Rightarrow |\Delta q| = \frac{N}{R} \Delta \Phi$$

حالا اطلاعات آزمون را در رابطه به دست آمده جایگذاری می‌کنیم:

$$|\Delta q| = \frac{N}{R} \Delta \Phi = \frac{200}{10} \times (0 - 0.5) = 1 \text{ C}$$

همان طور که از نمودار مشخص است، در بازه زمانی 0 s تا 10 s ، با تغییر میدان مغناطیسی $\vec{B}$ ، شار گذرنده عبوری از پیچه تغییر می‌کند. با استفاده از رابطه $|\vec{\epsilon}| = \left| -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$ داریم:

$$N = 100, \quad A = \pi r^2 = \pi \times \left(\frac{20}{100} \times 10^{-2} \right)^2 = 0.01\pi, \quad \theta = 0^\circ$$

$$|\vec{\epsilon}| = \left| -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| = NA \cos\theta \left| \frac{\Delta B}{\Delta t} \right|$$

$$\Rightarrow |\vec{\epsilon}| = 100 \times 0.01\pi \times 1 \times \left| \frac{\Delta B}{\Delta t} \right| = \pi \frac{\Delta B}{\Delta t} \quad (*)$$

همان شیب نمودار $B - t$ است. باید شیب خط در لحظه $t = 5\text{ s}$ را به دست آوریم که با توجه به نمودار شیب خط از $t = 0\text{ s}$ تا $t = 10\text{ s}$ ثابت است:

$$\left(\frac{\Delta B}{\Delta t} \right)_{0\text{ s تا } 10\text{ s}} = \frac{B_{10} - B_0}{10 - 0} = \frac{0.05 - (-0.05)}{10} = 0.01\text{ T/s}$$

درنهایت با جایگذاری مقدار به دست آمده در (*) داریم:

$$|\vec{\epsilon}| = \pi \frac{\Delta B}{\Delta t} = \pi \times \frac{1}{100} = 0.03\text{ V}$$

نیروی وارد بر دو ذره برابر است با:

$$\begin{cases} F_e = |q_e| v_e B \sin 90^\circ \\ F_p = |q_p| v_p B \sin 90^\circ \end{cases} \xrightarrow{\substack{|q_e|=|q_p| \\ v_e=v_p}} F_e = F_p$$

$$a = \frac{F}{m} \xrightarrow{m_e < m_p} a_e > a_p$$

نیروی مغناطیسی بر مسیر حرکت ذره‌ها عمود است و روی آن‌ها کاری انجام نمی‌دهد؛ بنابراین طبق قضیه کار و انرژی جنبشی، تندی ذره‌ها تغییر نمی‌کند.

$$W_f = K_f - K_i \xrightarrow{W_f=0} K_f = K_i$$

$$\Rightarrow v_f = v_i \xrightarrow{v_{ie}=v_{ip}} v_{fe} = v_{fp}$$

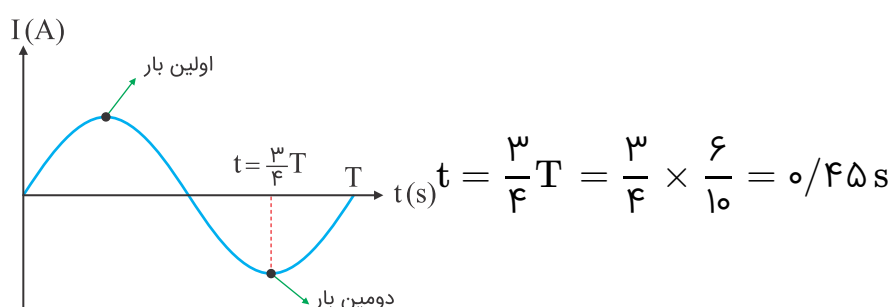
باتوجه به نمودار داده شده، بیشینه جریان 4 A است و در لحظه $t = 0/35\text{ s}$ جریان برای اولین مرتبه برابر -2 A شده است. پس داریم:

$$I = I_m \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right) \Rightarrow I = 4 \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$$

$$\Rightarrow -2 = 4 \sin\left(\frac{2\pi}{T} \times \frac{35}{100}\right) \Rightarrow -\frac{1}{2} = \sin\left(\frac{2\pi}{T} \times \frac{35}{100}\right)$$

$$\Rightarrow \frac{7\pi}{6} = \frac{\pi}{T} \times \frac{7}{10} \Rightarrow T = 0/6\text{ s}$$

همان طور که در نمودار شکل زیر، می بینید اندازه جریان در لحظه $t = \frac{3}{4}T$ برای دومین بار بیشینه می شود.



طبق قاعده دست راست، به الکترون نیرویی روبه پایین وارد شده، پس به سمت پایین صفحه منحرف می گردد. ولی تندی آن تغییر نکرده و ثابت می ماند زیرا نیروی وارده عمود بر جهت سرعت (و جابه جایی) است، پس کاری انجام نشده و انتقال انرژی صورت نمی پذیرد یا به عبارت دیگر و طبق قضیه کار و انرژی سال دهم وقتی کار خالص روی ذره باردار صفر است پس تغییر انرژی جنبشی آن صفر بوده پس تندی آن تغییر نخواهد کرد.